

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

NF 0678405  
#3  
13 Feb 02  
R. Talbot  
JCS11 U.S. PTO  
10/024145  
12/21/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月27日

出願番号

Application Number:

特願2000-398968

出願人

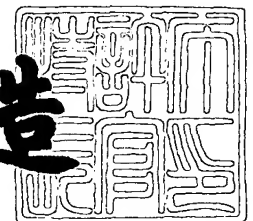
Applicant(s):

株式会社ニコン

2001年11月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3102896

【書類名】 特許願

【整理番号】 00NKP056

【提出日】 平成12年12月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 9/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 中山 繁

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100077919

【弁理士】

【氏名又は名称】 井上 義雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 047050

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702956

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 面形状測定装置及び該装置により測定された光学部材

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源から出射された光であって、被検面からの反射光である測定光と、参照面からの反射光である参照光とを互いに干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、前記被検面の面形状を測定する面形状測定装置において、

前記被検面と共役な位置に絞りが設けられていることを特徴とする面形状測定装置。

【請求項 2】

前記絞りは、調整部材を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の面形状測定装置。

【請求項 3】

前記調整部材は、前記被検面と共役な位置へ前記絞りを移動する絞り移動部であることを特徴とする請求項 2 に記載の面形状測定装置。

【請求項 4】

前記調整部材は、複数の反射ミラー部と、前記絞りと前記被検面とが共役となるように該反射ミラー部を移動するミラー移動部とからなることを特徴とする請求項 2 に記載の面形状測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の面形状測定装置を用いて測定されたことを特徴とする光学部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レンズ、ミラーなどの光学素子の面形状を、高精度に測定するための面形状測定装置及び該装置により測定された光学部材に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、高精度な光学機器の需要に伴い、その機器を構成するレンズやミラー等の光学素子は高精度化する傾向にある。そのため、光学素子の面形状を測定する面形状測定装置にも高い精度が求められている。

【 0 0 0 3 】

高精度な面形状測定を実現するものとして光の干渉を利用した光波干渉計がある。特に、共通光路干渉計であり、高い安定性が得られるフィゾー型の干渉計が多く用いられている。

【 0 0 0 4 】

フィゾー干渉計は、まず、光源から射出された光束を2つの光束に分割する。次に、一方の光束を被検面へ入射、反射させて測定用光束とする。測定用光束は被検面の面形状に応じて位相が変化している。また、他方の光束は参照面で反射され参照用光束とする。そして、測定用光束と参照用光束とを互いに干渉させて干渉縞を形成する。最後に、この干渉縞に基づいて所定の解析、演算を行って被検面の面形状を測定する。

【 0 0 0 5 】

従来の上記フィゾー干渉計では、参照面（フィゾー面）を有するフィゾーレンズに径の大きい光束を入射させて、実質的にフィゾーレンズ自身が絞りの役割を兼用する構成とする場合が多い。さらには、フィゾー干渉計における絞りの位置が全く考慮されず、任意の位置に絞りを設ける場合も多い。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述のようにフィゾーレンズ自身が絞りの役割を兼用する場合、又はフィゾー干渉計における絞りの位置が全く考慮されず、任意の位置に絞りを設けた場合は、この絞りに起因する回折現象による波面の乱れが、絞りを通過した光束の周辺部に生じてしまう。特に、被検面周辺部においてフレネル回折による波面の乱れが観察される干渉縞に重畳してしまう。このため、高精度に面形状測定を行うことが困難になり問題である。従来は、絞りによる回折の影響を避けるため、被検面の周辺部の測定データを切り捨てることも行われている。この場合、被検面周辺部の形状を測定することが不可能となってしまう。このことは、特に

曲率半径の小さな被検面の測定を行う際に深刻な問題となるものである。

【 0 0 0 7 】

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、レンズ、ミラーなどの光学素子の面形状を高精度に測定できる面形状測定装置等を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は、光源から出射された光であって、被検面 8 a からの反射光である測定光と、参照面 7 a からの反射光である参照光とを互いに干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、前記被検面 8 a の面形状を測定する面形状測定装置において、前記被検面 8 a と共役な位置に絞り 3 が設けられていることを特徴とする面形状測定装置を提供する。

【 0 0 0 9 】

また、本発明の好ましい態様では、前記絞り 3 は、調整部材 3 0 を備えていることが望ましい。

【 0 0 1 0 】

また、本発明の好ましい態様では、前記調整部材 3 0 は、前記被検面 8 a と共役な位置へ前記絞り 3 を移動する絞り移動部 3 0 であることが望ましい。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の好ましい態様では、前記調整部材 3 0 は、複数の反射ミラー部 1 2 と、前記絞り 3 と前記被検面 8 a とが共役となるように該反射ミラー部 1 2 を移動するミラー移動部 5 0 とからなることが望ましい。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の面形状測定装置を用いて測定されたことを特徴とする光学部材を提供する。

【 0 0 1 3 】

なお、本発明の構成を説明する上記課題を解決するための手段の項では、本発明を分かり易くするために発明の実施の形態の図を用いたが、これにより本発明が実施の形態に限定されるものではない。

【 0 0 1 4 】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面に基づいて本発明の各実施形態について説明する。

【 0 0 1 5 】

## (第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る面形状測定装置の概略構成図である。レーザ光源 1 は、直線偏光された光ビーム L を射出する。ビームエキスパンダ 2 は、光ビーム L のビーム径を変換する。この光ビーム L は、絞り 3 を通過し、その光束径を制限される。絞り 3 は、移動機構 3 0 により光軸 A X 方向に移動可能である。後述するように、移動機構 3 0 によって絞り 3 は被検面 8 a と共役となるような位置に調整されている。

【 0 0 1 6 】

絞り 3 によって光束径を制限された光ビーム L は、偏光ビームスプリッター（以下、「P B S」という。）4 に入射する。光ビーム L の偏光面は P B S 4 で反射されるように選択されている。P B S 4 で反射された光ビーム L は、1 / 4 波長板 5 及びビームエキスパンダ 6 を経てフィゾーレンズ 7 へ入射する。フィゾーレンズ 7 のフィゾー面（参照面）7 a からの反射光は参照用光束 L R として用いられる。また、フィゾー面 7 a を透過した光は測定用光束 L M として、被検物 8 に入射する。

【 0 0 1 7 】

まず、参照用光束 L R について説明する。参照用光束 L R は、フィゾー面 7 a で反射した後、再びビームエキスパンダ 6 と 1 / 4 波長板 5 とを経た P B S 4 に入射する。参照用光束 L R は、往復で 1 / 4 波長板 5 を 2 度通過することによって偏光面が 9 0 度回転するので、復路で P B S 4 を透過する。次に、ビーム径変換光学系 9 でビーム径を変換され、2 次元画像検出器 1 0 に入射する。

【 0 0 1 8 】

一方、フィゾー面 7 a の透過光は測定用光束 L M として用いられる。測定用光束 L M は、所定の位置に配置された被検物 8 の被検面 8 a に入射する。そして、被検面 8 a の面形状に対応して測定用光束 L M の位相が変化し、反射される。被

検面 8 a から反射してきた測定用光束 LM は、再びフィゾーレンズ 7、ビームエキスパンダ 6、 $1/4$  波長板 5 を経て P B S 4 へ入射する。この測定用光束 LM は、参照用光束 LR と同様に、往復で  $1/4$  波長板 5 を 2 度通過することによって偏光面が 90 度回転するので、復路で P B S 4 を透過する。そして、ビーム径変換光学系 9 でビーム径を変換される。最後に、2 次元画像検出器 10 に入射する。2 次元画像検出器 10 の撮像面 10 a 上では、参照用光束 LR と測定用光束 LM との干渉縞が検出される。

## 【 0 0 1 9 】

なお、ビーム径変換光学系 9 は、移動部 90 により光軸 AX 方向に移動可能である。移動部 90 は、コンピュータ PC からの信号に基づいて、被検面 8 a の像が 2 次元画像検出器 10 の撮像面 10 a に結像する位置へビーム径変換光学系 9 を移動する。即ち、ビーム径変換光学系 9 は、ビーム径を変換する役割に加えて、被検面 8 a の像を 2 次元画像検出器 10 の撮像面 10 a 上に結像させる役割をも有している。

## 【 0 0 2 0 】

2 次元画像検出器 10 からの出力は、コンピュータ PC に取り込まれて解析され、干渉縞の位相分布が算出される。その演算結果はメモリ MR に記憶される。

## 【 0 0 2 1 】

なお、本実施形態の面形状測定装置では、被検物 8 をピエゾ素子 P Z T で光軸 AX 方向に微小に移動させ、周知の位相シフト干渉法を用いて干渉縞の位相分布を高精度に求めることが望ましい。

## 【 0 0 2 2 】

上述したように、絞り 3 は、移動機構 30 によって被検面 8 a と共役となるような位置に調整されている。この調整の手順としては、例えば、以下の (1) または (2) の手順を挙げることができる。

(1) コンピュータ PC は、被検面 8 a の曲率半径等のデータから被検面 8 a の位置を算出する。次に、光線追跡により被検面 8 a と共役になる絞り 3 の所定位置を算出する。そして、移動機構 30 は、コンピュータ PC からの信号に従い、絞り 3 を所定位置へ移動させる。

(2) 測定位置に置かれた被検面 8 a にマスクを設ける。そして、ビーム径変換光学系 9 は、撮像部 1 0 の撮像面 1 0 a において該マスクにピントが合うようレンズ群が移動する。次に、マスクを被検面 8 a から取り除く。移動機構 3 0 は、被検面 8 a と絞り 3 とが共役となるように、即ち被検面 8 a の像と絞り 3 の像とが撮像面 1 0 a に結像するように絞り 3 を移動する。

#### 【 0 0 2 3 】

以上に述べたように、絞り 3 と被検面 8 a とが共役である構成とすることによって絞り 3 の像が被検面 8 a に形成される。また、被検面 8 a の像は 2 次元画像検出器 1 0 の撮像面 1 0 a に形成される。あたかも被検面 8 a 上に絞りがあるかのように周辺部の波面の乱れの領域を最小にすることができる。このため、本実施形態に係る面形状測定装置は、絞り 3 での回折現象、特にフレネル回折による波面の乱れを最小限に抑えることができるという効果が得られる。その結果、参照光束と測定用光束との干渉縞の位相分布を高精度に求めることが可能となるので高精度に面形状を測定することができる。

#### (第 2 の実施形態)

図 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係る面形状測定装置の概略構成図である。本実施形態に係る面形状測定装置は、第 1 の実施形態における絞り 3 を P B S 4 とビームエキスパンダ 6 との間に配置したものである。その他の構成は上記第 1 実施形態と同様であるので同一部分には同じ符号を付し、重複する説明は省略する。

#### 【 0 0 2 4 】

上記第 1 実施形態に述べた手順と同様に、移動機構 3 0 は絞り 3 を光軸 A X 方向に移動することができる。そして、絞り 3 は、移動機構 3 0 により被検面 8 a と共役となる位置に調整されている。

#### (第 3 の実施形態)

図 3 は、本発明の第 3 の実施形態に係る面形状測定装置の概略構成図である。本実施形態に係る面形状測定装置では、上記第 2 の実施形態と同様の位置に絞り 3 が固定して設けられている。更に、該絞り 3 とビームエキスパンダ 6 との間に、反射ミラー 1 1 a、1 1 b と、2 枚の反射面どうしが略 9 0 度をなすように構



成された 2 枚反射ミラー部 1 2 とから成る反射ミラー光学系 MM が設けられている。その他の構成は上記第 1, 2 の実施形態と同様であるので同一部分には同じ符号を付し、重複する説明は省略する。

## 【 0 0 2 5 】

反射ミラー光学系 MM のうち、2 枚反射ミラー部 1 2 は移動機構 5 0 により、図 3 中の矢印方向に移動可能である。コンピュータ PC は、上記第 1 の実施形態において述べた絞り 3 と被検面 8 a とを共役な位置にする手順 (1) 又は (2) に従って、絞り 3 と被検面 8 a とが共役になるように 2 枚反射ミラー部 1 2 を移動させる。これにより、被検面 8 a と絞り 3 との間の光路長を変化させることができる。

## 【 0 0 2 6 】

また、リレーレンズ系 1 3 が、ビームエキスパンダ 6 と反射ミラー光学系 MM との間に配置されている。このリレーレンズ系 1 3 は、反射ミラー光学系 MM を光路中に設けた状態で像の共役位置をリレーする役割を有する。

## 【 0 0 2 7 】

ここで、上述したように上記第 1, 2 実施形態におけるビーム径変換光学系 9 は、被検面 8 a の像を 2 次元画像検出器 1 0 の撮像面 1 0 a に結像する役割も兼ねている。一方、本実施形態では絞り 3 を P B S 4 とビームエキスパンダ 6 との間に固定配置している。このため、ビーム径変換光学系 9 は、絞り 3 と 2 次元画像検出器 1 0 の撮像面 1 0 a とを共役にする位置に固定することができる。これにより上記第 1, 2 実施形態に係る面形状測定装置の効果に加え、ビーム径変換光学系 9 を可動にする必要がないので、可動部分を少なくできるという効果を奏する。

## 【 0 0 2 8 】

さらに、ビーム変換光学系 9 が移動可能な場合は、その移動に応じて被検面 8 a の横座標と、撮像面 1 0 a の横座標との対応関係が変化してしまうおそれがある。本実施形態では、ビーム変換光学系 9 が固定であるので、この対応関係を常に一定にできるという効果が得られる。

## 【 0 0 2 9 】

なお、本実施形態において、反射ミラー光学系MMはPBS4とビームエキスパンダ6との間に設置している。しかし、これに限られるものではなく、反射ミラー光学系MMは、第1実施形態の構成にも適用できる。この場合、絞り3とPBS4との間に反射ミラー光学系MMを配置し、絞り3を固定する構成にしてもよい。

【0030】

さらに、上記第1～第3の実施形態では、本発明をフィゾー干渉計へ適用した例を示しているが、本発明はトワイマングリーン干渉計等、他の方式の干渉計にも適用できるものである。

【0031】

また、本発明によれば、上記各実施形態にかかる面形状測定装置を用いて光学部材、例えば投影露光装置に用いられる投影レンズ系に組み込まれる投影レンズを製造できる。これにより高精度な光学部材を提供できるという効果を奏する。

【0032】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、絞りでの回折による波面の乱れを最小限に抑えることができる。その結果、参照用光束と測定用光束との干渉縞の位相分布を高精度に求めることが可能となる。これにより、レンズ、ミラーなどの光学素子の面形状を高精度に測定できる面形状測定装置等を提供できる。特に、回折の影響を受けやすかった曲率半径の小さな被検面を高精度に測定できる面形状測定装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施形態に係る面形状測定装置の概略構成図である。

【図2】

本発明の第2実施形態に係る面形状測定装置の概略構成図である。

【図3】

本発明の第3実施形態に係る面形状測定装置の概略構成図である。

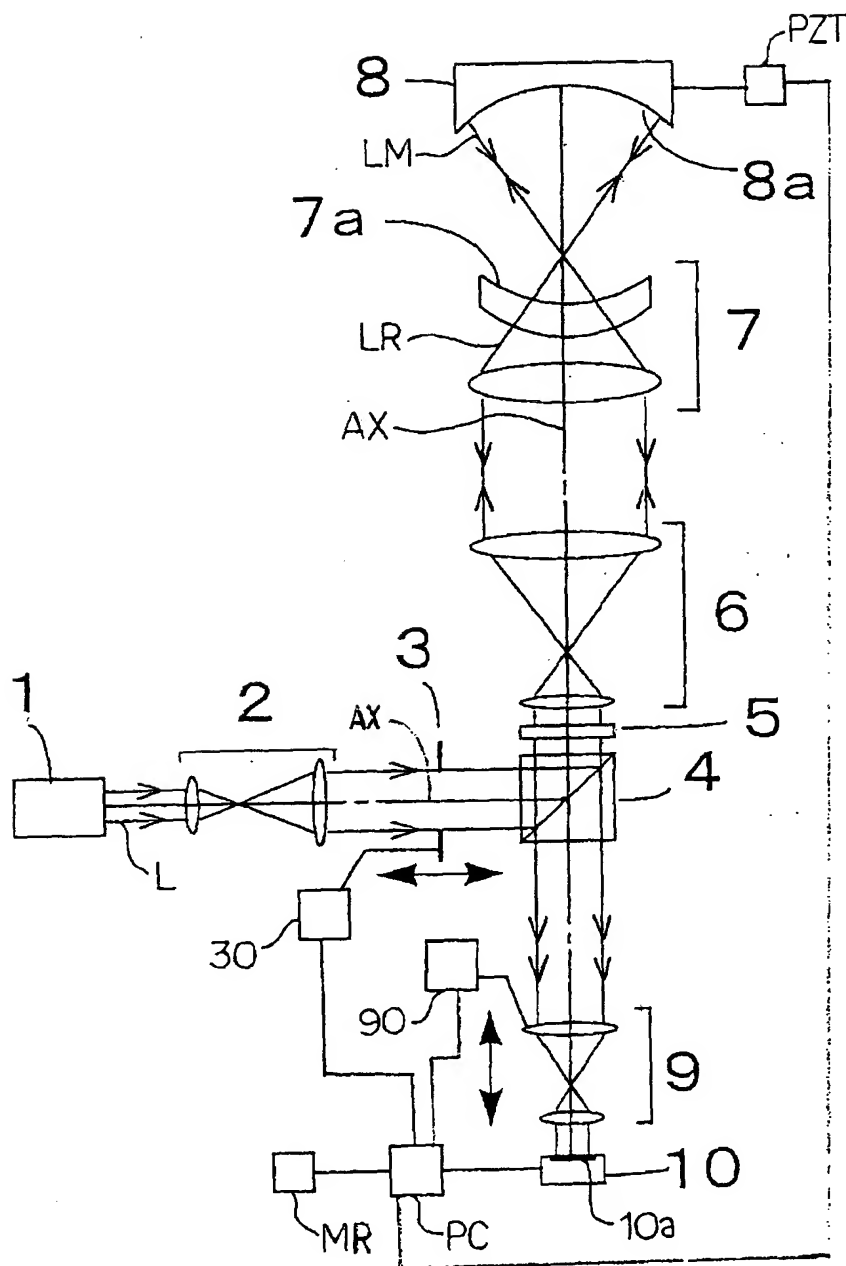
【符号の説明】

1 … レーザ光源  
2, 6 … ビームエキスパンダ  
3 … 絞り  
4 … P B S  
5 …  $\lambda/4$  板  
7 … フィゾーレンズ  
7 a … フィゾー面  
8 … 被検物  
8 a … 被検面  
9 … ビーム径変換光学系  
10 … 2次元画像検出器  
10 a … 撮像面  
11 a, 11 b … 反射ミラー  
12 … 2枚反射ミラー部  
13 … リレーレンズ系  
30, 50, 90 … 移動機構  
A X … 光軸  
L … 光ビーム  
L M … 測定用光束  
L R … 参照用光束  
P Z T … ピエゾ素子  
P C … コンピュータ  
M R … メモリ  
M M … 反射ミラー部

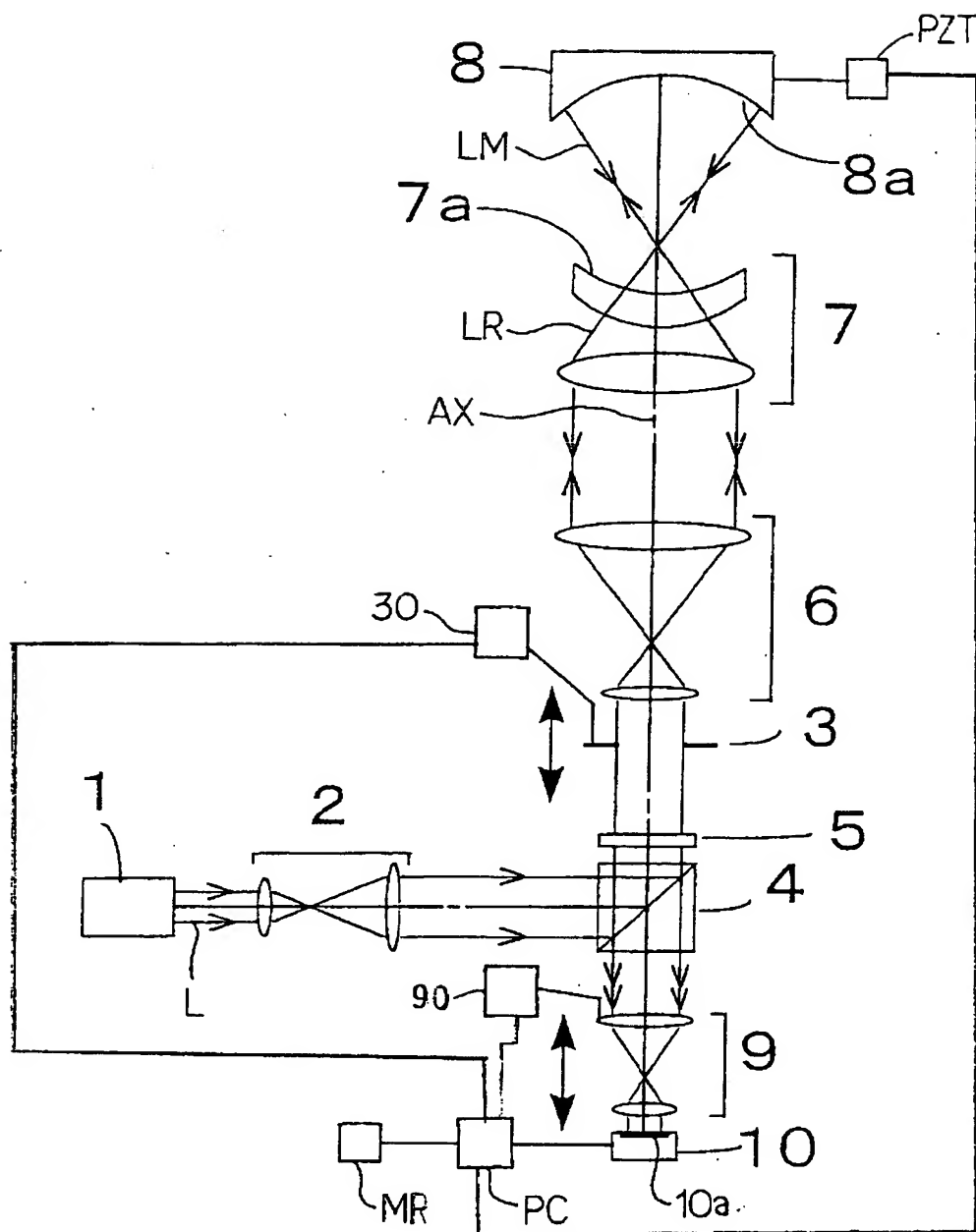
【書類名】

図面

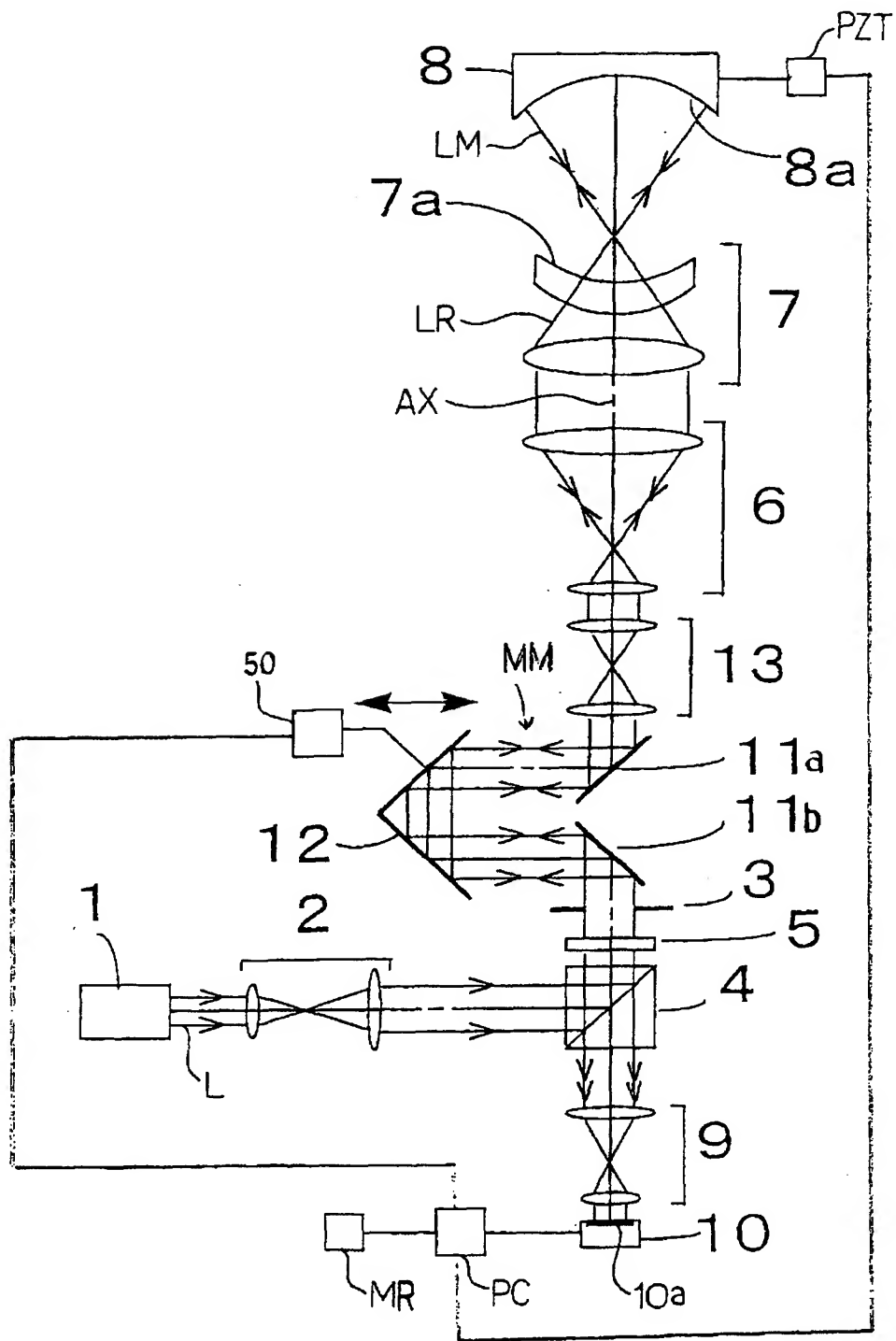
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レンズ、ミラーなどの光学素子等の面形状を高精度に測定できる面形状測定装置等を提供すること。

【解決手段】 光源から出射された光であって、被検面 8 a からの反射光である測定光と、参照面 7 a からの反射光である参照光とを互いに干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、前記被検面 8 a の面形状を測定する面形状測定装置において、前記被検面 8 a と共役な位置に絞り 3 が設けられていることを特徴とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
氏 名 株式会社ニコン